



# Metodi non distruttivi per la valutazione dei composti derivanti dal fumo

**Vasiliki Summerson, Claudia Gonzalez Viejo, Sigfredo Fuentes**

Digital Agriculture Food and Wine Group, School of Agriculture and Food, Faculty of Veterinary and Agricultural Sciences, The University of Melbourne, Building 142, Parkville 3010, Victoria, Australia

Gli incendi boschivi sono un evento in aumento in tutto il mondo. L'esposizione della vite al fumo può dare origine a vini caratterizzati da sgradevoli aromi di fumo. Le tecniche cromatografiche attualmente utilizzate per determinare i livelli dei composti derivati dal fumo nelle bacche e nel vino sono distruttive, costose e richiedono molto tempo. Questa ricerca ha valutato l'uso della tecnologia del vicino infrarosso insieme alla modellazione mediante reti neurali artificiali come strumenti rapidi, non distruttivi ed economici per valutare i composti derivati dal fumo in bacche, mosto e vino.

## Prove di campo, vinificazione e analisi di fenoli volatili e glicoconjugati

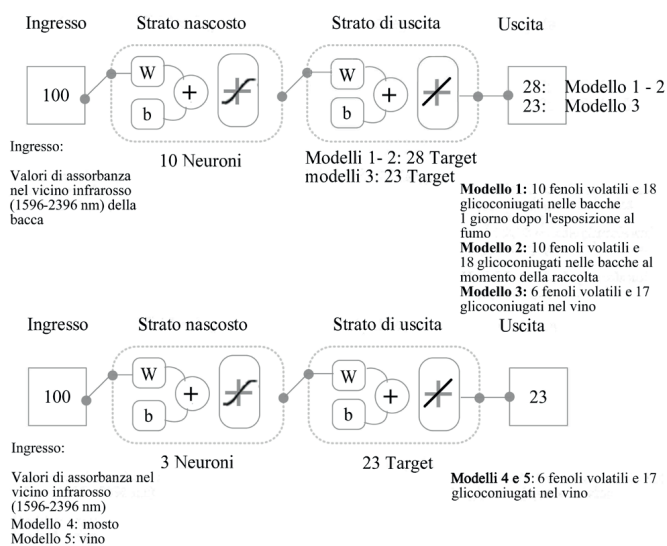
Circa sette giorni dopo l'invasatura, tre trattamenti con fumo sono stati applicati per un'ora a viti di Cabernet Sauvignon utilizzando una tenda appositamente costruita<sup>1,2</sup>. Questi trattamenti consistevano nell'esposizione al fumo ad alta e bassa densità derivante dalla combustione di circa 5 e 1,5 kg di paglia d'orzo, rispettivamente, e nell'esposizione al fumo ad alta densità accoppiata con una fine nebulizzazione di acqua applicata a livello della chioma, oltre a un trattamento di controllo senza esposizione al fumo o acqua nebulizzata e un trattamento di controllo con nebulizzazione e nessuna esposizione al fumo. Le uve sono state quindi utilizzate per produrre vino su piccola scala utilizzando 5 kg di grappoli per ogni fermentazione ed eseguendo triplicati per ogni trattamento. I livelli di fenoli volatili (FV) e dei loro glicoconjugati sono stati determinati nel succo d'uva/omogeneizzato (mosto), ottenuto da bacche raccolte un giorno dopo l'esposizione al fumo e al momento della vendemmia, e nel vino finale utilizzando metodi di analisi mediante diluizione isotopica (stable isotope dilution analysis- SIDA) già descritti<sup>2,3</sup>.

## Modelli di assorbanza nel vicino infrarosso

Il fingerprinting chimico delle bacche è stato ottenuto 24 ore dopo l'applicazione dei trattamenti con fumo utilizzando un dispositivo portatile di spettroscopia nel vicino infrarosso (NIR) (analizzatore microPHAZIRTM RX; Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA), che può misurare nell'intervallo 1596-2396 nm<sup>1,4</sup>. Le misure sono state effettuate tre volte su un totale di 36 bacche per trattamento. La valutazione dei campioni di mosto e vino è stata eseguita mediante una procedura precedentemente riportata che utilizzava una carta da filtro Whatman® imbevuta del campione desiderato<sup>5</sup>. Per ogni trattamento, le misure sono state effettuate su 3 campioni, ciascuno analizzato in triplicato.

## Modellazione mediante apprendimento automatico (machine learning)

Sono stati sviluppati cinque modelli di regressione della rete neurale artificiale (RNA) utilizzando un codice MATLAB® R2020b personalizzato<sup>5</sup> (Mathworks, Inc., Natick, MA, USA; Figura 1). I modelli 1-3 hanno utilizzato gli spettri NIR (1596-2396 nm) degli acini d'uva misurati 24 ore dopo l'esposizione al fumo come input per predire i livelli di 10 FV e 18 diversi glicoconjugati nell'uva 24 ore

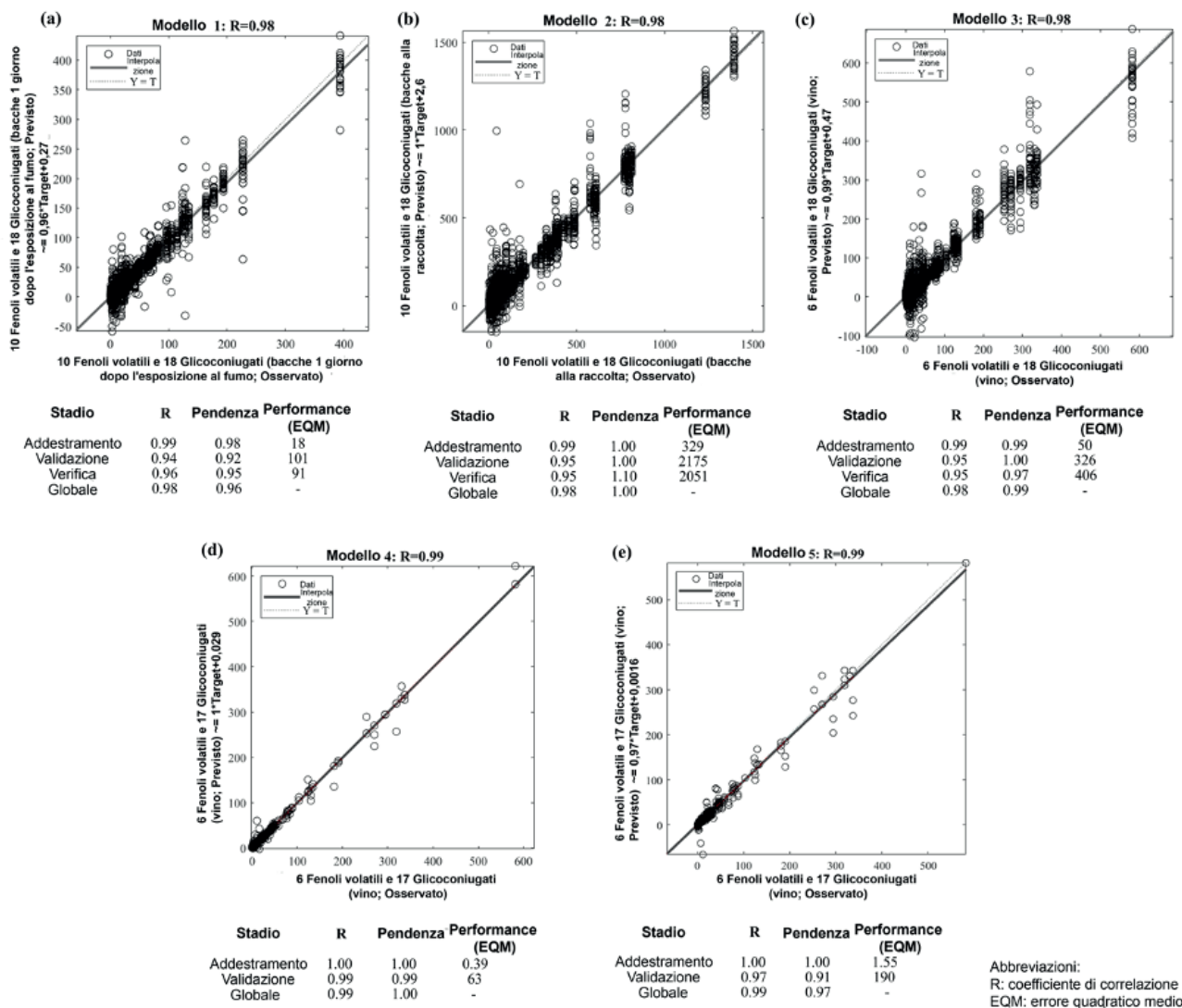


**FIGURA 1.** Reti feedforward a due strati per i cinque modelli di rete neurale artificiale sviluppati.

dopo l'esposizione al fumo (Modello 1) e alla raccolta (Modello 2), e sei FV e 17 glicoconjugati nel vino finale (Modello 3). D'altra parte, i modelli 4 e 5 sono stati creati utilizzando i valori di assorbanza NIR (1596-2396 nm) ottenuti da mosto e vino, rispettivamente, per prevedere i livelli di sei FV e 17 glicoconjugati nel vino.

## Risultati e discussione

I cinque modelli sono stati in grado di predire i livelli di FV e glicoconjugati in campioni di bacche e vino con elevati livelli di accuratezza in base al coefficiente di correlazione ( $R \geq 0,98$ ) e senza segni di sovradattamento in base alle loro performance basate sull'errore quadratico medio (EQM; Figura 2). I modelli 1-3 possono quindi fornire un metodo sul campo, non distruttivo e rapido per valutare i livelli di composti del fumo nelle bacche e nel vino potenziale, fornendo ai coltivatori uno strumento decisionale puntuale per evitare bacche fortemente contaminate e risparmiando denaro selezionando campioni più piccoli per ulteriori analisi chimiche. Inoltre, i modelli 4 e 5 possono essere utilizzati dai produttori di vino per valutare quasi in tempo reale i livelli di FV e glicoconjugati nel vino per decidere se applicare trattamenti curativi come quello



**FIGURA 2.** Modelli complessivi di regressione della rete neurale artificiale per prevedere i fenoli volatili e i glicoconiugati (a) nelle bacche un giorno dopo l'esposizione al fumo, (b) nelle bacche al momento della raccolta, (c) nel vino utilizzando i valori di assorbanza nel vicino infrarosso (NIR) ottenuti dalle bacche, e per prevedere i fenoli volatili e i glicoconiugati (d) nel vino utilizzando i valori di assorbanza NIR ottenuti dal mosto e (e) nel vino utilizzando i valori di assorbanza NIR ottenuti dal vino.

con carbone attivo per ridurre o eliminare il difetto di fumo. Inoltre, poiché questa tecnica non è distruttiva, è possibile ripetere le misure, consentendo ai produttori di vino di valutare i cambiamenti nei livelli di FV e glicoconiugati nel tempo. Tuttavia, sono necessarie ulteriori ricerche per implementare i modelli in viti contaminate naturalmente da fumo e per sviluppare modelli per altre varietà di uva e di vino<sup>5</sup>.

## Conclusioni

La spettroscopia nel vicino infrarosso, associata all'apprendimento automatico, possono essere due strumenti rapidi e non distruttivi per valutare i livelli di FV e dei loro glicoconiugati nell'uva e nel vino, consentendo ai produttori di vino e ai viticoltori di prendere decisioni rapide ed economicamente vantaggiose per quanto riguarda l'uva e il vino contaminati. Il metodo proposto è anche a basso costo considerando la disponibilità di dispositivi NIR a prezzi accessibili che vanno dai 2.000 ai 5.000 \$ US. I modelli possono essere integrati e automatizzati utilizzando gemelli digitali, che

possono aiutare nella disponibilità di scenari di contaminazione da fumo previsti per i produttori al fine di valutare le migliori tecniche di mitigazione della contaminazione da fumo in modo tempestivo in caso di incendi boschivi. ■

**Ringraziamenti:** Gli autori desiderano ringraziare Colleen Szeto e la Professoressa Kerry Wilkinson per l'opportunità di collaborare a questa ricerca. Il supporto finanziario per questa ricerca è stato fornito dal programma di Viticoltura Digitale finanziato dal Networked Society Institute dell'Università di Melbourne, in Australia, nonché dalla Research Training Program Scholarship del Governo australiano.

**Fonte:** articolo scientifico "Detection of smoke-derived compounds from bushfires in Cabernet-Sauvignon grapes, must, and wine using Near-Infrared spectroscopy and machine learning algorithms" (OENO One, 2020).

- Summerson, V., Gonzalez Viejo, C., Torrico, D. D., Pang, A., & Fuentes, S. (2020). Detection of smoke-derived compounds from bushfires in Cabernet-Sauvignon grapes, must, and wine using Near-Infrared spectroscopy and machine learning algorithms. *OENO One*, 54(4), 1105–1119. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2020.54.4.4501>.
- Szeto, C., Ristic, R., Capone, D., Puglisi, C., Pagay, V., Culbert, J., Jiang, W., Herderich, M., Tuke, J., & Wilkinson, K. (2020). Uptake and Glycosylation of Smoke-Derived Volatile Phenols by Cabernet Sauvignon Grapes and Their Subsequent Fate during Winemaking. *Molecules*, 25(16), 3720. <https://doi.org/10.3390/molecules25163720>.
- Hayasaka, Y., Baldock, G., Parker, M., Pardon, K. H., Black, C. A., Herderich, M. J., Jeffery, D. W. (2010). Glycosylation of smoke-derived volatile phenols in grapes as a consequence of grapevine exposure to bushfire smoke. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 10989–10998. <https://doi.org/10.1021/jf103045t>.
- Summerson, V., Gonzalez Viejo, C., Szeto, C., Wilkinson, K. L., Torrico, D. D., Pang, A., De Bei, R., & Fuentes, S. (2020). Classification of Smoke Contaminated Cabernet Sauvignon Berries and Leaves Based on Chemical Fingerprinting and Machine Learning Algorithms. *Sensors*, 20(18), 5099. <https://doi.org/10.3390/s20185099>.
- Fuentes, S., Tongson, E. J., De Bei, R., Gonzalez Viejo, C., Ristic, R., Tyerman, S., & Wilkinson, K. (2019). Non-Invasive Tools to Detect Smoke Contamination in Grapevine Canopies, Berries and Wine: A Remote Sensing and Machine Learning Modeling Approach. *Sensors*, 19(15), 3335. <https://doi.org/10.3390/s19153335>.